انگشت‌نگاری DNA در دادرسی یک قتل

POPULAR SCIENCE, No. 5 - Nov. 1994)

ترجمه از: دکتر معصومه ناجی

سرپرست بخش سرولوژی آزمایشگاه سازمان پزشکی قانونی کشور

مقدمه:

دزاکسی ریبونوکلیئک اسید *(D.N.A)* مولکول درشتی است که در ساختمان هسته تمام سلولهای هسته‌دار بدن وجود دارد. گروهی از ذرات فوق‌العاده ریزی که در ترکیب این مولکول شرکت دارند ناقل خصوصیات ارثی می‌باشند و آن خصوصیات را از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌کنند. دانشمند انگلیسی آلک جفری که مشغول مطالعه روی کیفیت این انتقال بود در سال ۱۹۸۴ مشاهده نمود که وضع قرار گرفتن این ذرات روی مولکول نامبرده به ویژه آن گروهی که در انتقال خصوصیات ارثی دخالتی هم ندارند، نظم و توالی آنها از فردی به فرد دیگر متفاوت بوده و در هر شخصی مخصوص خود همان شخص است و چون این پدیده با انگشت‌نگاری که در آن آثار انگشتان هر شخص مختص خود اوست تشابه داشت آن را انگشت نگاری با *DNA* نامید، یعنی در حقیقت مثل این است که با این طریقه یک نوع تشخیص هویت و شناسائی مشابه انگشت‌نگاری انجام می‌گیرد و این اصطلاح همین طور باقی مانده است.

نویسنده در مقاله نیز ساختمان *DNA* و کیفیت استفاده از آن را در موارد کشف جرم وَردابوت و غیره به طور ساده و جالبی به رشته تحریر درآورده که مسلماً مورد توجه و استفاده خوانندگان ارجمند قرار خواهد گرفت.

رسوب ابری ته لولهٔ تست تمام آن چیزی بود که از لکهٔ خون ریخته‌شده درپیاده روی خارج ازایالت سانتامونیکا *(Santa Monica)* باقی مانده بود. این لکهٔ خونی در سانتریفوژی با دور ۱۶۰۰ در دقیقه چرخانیده شده بود تاگلبولهای سفید آن ازگلبولهای قرمز جداگردد، و در آنزیمی غوطه‌ور شده بود تا دیوارهٔ سلولهای سفیدش هضم گشته و هستهٔ آنها به دو نیم شکافته شود.

آنزیمی که به سلولهای سفید حمله کرد باعث آزادی ذرات ریز میکروسکوپی دزاکسی ریبونوکلیئک اسید از هسته شد. رموز نقش بسته بر روی این مولکول بیان کنندهٔ داستانی است، قصه‌ای که می‌تواند برای *O.J.Simpson* به معنای مجرمیت یا بی‌گناهی یا حتی داستان مرگ و زندگی باشد. و اما برای مردم عادی، آنهایی که از جزئیات پیچیدهٔ بیوتکنولوژی چیزی نمی‌دانند، تصویری است زنده از این که چطور علم و جامعه بر روی هم اثر می‌گذارند، گاهی هم نوا و موافق و زمانی در جدال شدید با یکدیگر.

DNA مولکول حاکم بر حیات است. هم اوست که در هر مخلوق زنده از آمیب گرفته تا گورخر، پیام‌های رمز وراثت را حمل کرده و همهٔ صفات از رنگ چشم تا آلرژیها را مقرر می‌کند. *DNA* مولکولی است که در تمامی یک تریلیون سلول موجود در بدن انسان، به جز سلولهایی که فاقد هسته هستند مانند گلبولهای قرمز بالغ وجود دارد.

از زمانی که ساختمان این مولکول بوسیلهٔ جیمز واتسون و فراسینس گریک در ۴۱ سال پیش کشف شد، تحقیقات بر روی *DNA* موفقیتهای چشمگیری را یکی پس از دیگری در برداشته که از آن جمله می‌توان شناسایی ژنهای عامل بیماریهای ارثی از قبیل *Huntingtan's disease* و *Cystic fibrosis* را نام برد.

از ۸ سال پیش پژوهشهای *DNA* بازمینه‌های جنجال برانگیز تحقیقات جنائی درهم آمیخته است. در ابتدا از انگشت‌نگاری *DNA* برای اثبات قرابت ژنتیکی در موارد تعیین ابوت و مهاجرت‌ها استفاده می‌شد که بر اساس روشی بود که متخصص ژنتیک انگلیسی به نام آلِک جفری *(Alec Jeffregs)* و همکارانش در سال ۱۹۸۴ برای تعیین شاخص‌های ژنتیک بیماریها در دانشگاه *Leicester* بکار بردند. این روش شامل استخراج *DNA* از نمونهٔ خون، مایع منی، یا بافتهای دیگر و سپس برش دادن آن به قطعه‌ها و بعد علامت‌گذاری قطعات حاصل با یک ردیاب رادیواکتیو می‌باشد که در نهایت این مادهٔ رادیواکتیو بر روی یک فیلم حساس عکاسی اثر می‌نماید. نتایج حاصل از این اعمال به صورت الگوئی از نوارها بر روی فیلم خواهد بود که پس از الکتروفورز بر روی ژل آگارز دیده می‌شوند. این روش به نام تجزیهٔ *RFLP (Restviction Fragment Lenght Polymorphism)* نامیده می‌شود.

در سال ۱۹۸۶ پلیس با استفاده از این روش موفقیتی در بررسی یک جنایت بدست آورد. شخصی در انگلستان که دختران را می‌ربود، دو دختر ۱۴ ساله را پس از ربودن و تجاوز به آنها، کشته بود. براساس پیشنهاد آلِک جفری از تمام مردان ناحیه‌ای که جنایت در آن رخ داده بود آزمایش خون بعمل آمد و با استفاده از انگشت‌نگاری *DNA* قاتل واقعی، یعنی *Colin Pitch Fork* که اولین جنایتکاری بود که براساس شواهد حاصل از تجسس *DNA* شناسایی و دستگیر شد و مرد بی‌گناهی که مورد اتهام قرار گرفته بود از زندان آزاد گردید. در سالهای بعد نیز پلیس بریتانیا و ایالات متحده از این روش جدید برای شناسایی تعدادی از مجرمین استفاده کرده‌اند.

در عرض یک سال به کمک آلِک جفری، آزمایشگاه اختصاصی *DNA* به نام *Cellmark Diagnostics* در انگلستان و ایالات متحده راه‌اندازی گردید و به عنوان مرکز اصلی انگشت‌نگاری *DNA* شناخته شد.

تقریباً در همین زمان کیفیت اشکال مختلف آزمایشها بر روی *DNA* نیز در دست بررسی بود. روش *PCR* این امکان را فراهم آورد که بتوان یک رشتهٔ واحد *DNA* را به سرعت دو برابر کرد و این عمل را بارها تکرار نمود. روشن است وقتی چیزی را ۲۰ بار دوبرابر کنیم بیش از میلیونها کپی از آن خواهیم داشت.

از تکنیک تکثیر *DNA* بوسیلهٔ *PCR* که در آزمایشگاه بوسیلهٔ دستگاهی به نام *Thermal Cycler* انجام می‌شود. در تمام دنیا و در کلیه انواع تحقیقات *DNA* استفاده می‌شود. این تکنیک که به عنوان ابزار دومی جهت شناسائی و تشخیص *DNA* پذیرفته شده و نسبت به روش آلِک جفری (روش *Rflp*) از قاطعیت کمتری برخوردار است.

در طریقه *PCR* مقادیر بسیار جزئی از نمونه، به کمی ۵۰ عدد گلبول سفید که در یک لکهٔ تقریباً غیرقابل رؤیت خون نیز یافت می‌شود، کافی می‌باشد. در حالیکه در روش *RFLP* به ۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ سلول نیاز داریم بنابراین استفاده از *PCR* در مواقعی که مقدار *DNA* در حد میکروسکوپ و ناچیز می‌باشد بسیار مفید خواهد بود.

اساس تکنیکهای تشخیصی *DNA* بر مبنای مکانیسم رمزگذاری منحصر به فرد آن است که فقط بوسیلهٔ ۴ نوع باز شیمیایی آدنین *(A)*، سیتوزین *(C)*، گوانین *(G)*، و تیمین *(T)* که مانند دانه‌های تسبیح در طول مولکول *DNA* به دنبال هم قرار گرفته‌اند، انجام می‌گیرد. هر شخص در مولکول *DNA* خود دارای سه بیلیون باز است که توالی آنها برای او منحصر به فرد است و شبیه توالی *DNA* هیچ انسان دیگری نیست (مگر در مورد دوقلوهای یک تخمی). این موضوع یک هویت مطلوب و تقریباً غیرقابل اشتباه از *DNA* را بوجود می‌آورد که اساس آزمایش *DNA Fingerprinting* را تشکیل می‌دهد. لازم به ذکر است که مقایسه کامل ۳ بیلیون باز آلی در دو شخص (حداقل با تکنولوژی فعلی) غیرممکن است. لذا امروزه در تحقیقات *DNA* فقط بر روی قطعاتی از مولکول *DNA* کار می‌کنند نه تمامی آنها، از این رو است که سؤالات زیر مطرح می‌شود.

چه قطعاتی از *DNA* در تمایز کردن افراد از یکدیگر بیش از همه مهم هستند؟ و چه قطعاتی هستند که بیشترین اختلاف را از فردی به فرد دیگر دارا می‌باشند؟ این برای ما مهم نیست که در جستجوی قطعاتی باشیم که مثلاً یک فرد چشم‌آبی را از یک فرد چشم قهوه‌ای مشخص می‌کند، قطعاتی که یک فرد موطلائی را از شخص سبزه و مو مشکی جدا می‌کند، بلکهٔ آن قطعاتی را طالبیم که بتوانیم در تشخیص هویت از آنها استفاده کنیم. این قطعات در جایی از مولکول *DNA* هستند که هیچ رمز خاصی را در برندارد یعنی جاهایی که از نظر ژنتیکی در افراد مختلف مشابه هستند. و در این مناطق است که قطعاتی از *DNA* به طور مرتب تکرار می‌شوند. این تکرارها در تمام نوار *DNA* که ۶ فوت طول دارد اتفاق می‌افتد. این الگوها یا قطعات تکراری به نام:

Variable Number Tandem Repeats - (VNTRS) نامیده می‌شوند.

در روش انگشت‌نگاری *DNA* با تکنیک *RFLP* که در آزمایشگاههایی مثل *Cellmark Diagnostics* انجام می‌شود. این الگوهای تکراری را در ۵ منطقه بررسی می‌کنند مثلاً یک الگوی خاص ممکن است در یک لکوس اختصاصی از *DNA*ی شما ۱۲ بار، و در همان محل از *DNA*ی برادر شما ۱۹ بار، و در *DNA*ی عموی شما ۴۶ بار تکرار شده باشد. این مناطق *Vntrs* می‌توانند حاوی ۱۰۰ یا حتی بیشتر قطعه باشند که البته باز هم برای تشخیص قطعی هویت کافی نخواهد بود. زیرا در همان حال که عموی شما می‌تواند ۴۶ *Vntrs* در یک لکوس داشته باشد، عموی دوست شما

نیز ممکن است ۴۶ *Vntrs* در همان منطقه داشته باشد. احتمال یکسان بودن الگوهای *Vntrs* دو شخص در یک منطقه بسیار کم است و هر چه تعداد مناطق مورد بررسی بیشتر باشد احتمال یکسان بودن افراد در تمام مناطق کمتر خواهد شد، لذا احتمال این که دو نفر در تمام ۵ منطقه مورد بررسی از نظر *RFLP* کاملاً یکسان باشند یک رقم در حد نجومی پائین خواهد بود. در گزارش جنجال برانگیزی که در سال ۱۹۹۲ توسط انجمن تحقیقات ملی *(NRC)* در علوم فضائی منتشر شد بر استفاده از تکنیک انگشت‌نگاری *DNA*، در حالی که هنوز مشکلاتی در تکنیک و تفسیر آن وجود داشت صحه گذاشته شد.

پذیرفته شدن یک مدرک علمی در دادگاه، نیاز به تائید معتبر بودن تکنیک مورد استفاده بوسیله انجمن علمی مربوط به آن دارد. دادگاه استینافی کالیفرنیا هم بر اساس این تکنیک حکم‌هائی را صادر کرده است اما این مطلب را صریحاً بیان نموده که نتایج حاصل از انگشت‌نگاری *DNA* زمانی قابل قبول خواهد بود که نظرات غیررسمی کمیته ملی تحقیقات *(NRC)* بوسیله تست‌های آزمایشگاهی و پیگیری قانونی دنبال شود. در این موارد اولین سؤالی که باید پاسخ داده شود این است که آیا نتایجی که آزمایشگاه *Cellmork* از انگشت‌نگاری *DNA* روی مواد به جا مانده در صحنهٔ جرم به دست آورده، اثبات می‌کند که مثلاً *Simpson* در محل قتل همسر سابقش *Nicole Brown Simpson* و دوست او *Ronald Goldman* حضور داشته است یا خیر؟ آزمایشگاه *Cellmark* سه نمونهٔ خونی از سه منشاء مختلف مورد آزمایش قرارداد که عبارت بودند از نمونهٔ خونی دو قربانی، نمونه خون خود *Simpson* و سرم نمونه جمع‌آوری شده از قطرات خونی که بر سنگفرش پیاده‌رو ریخته شده بود.

کارشناسان بخش جنائی دو دستکش خونی را نیز که یکی در صحنه جرم و دیگری در پشت منزل مسکونی *O.J.Simpson* پیدا شده بود جمع‌آوری و در محلول‌های استریل قرار داده بودند تا آزمایشگاه *Cellmark* هویت صاحب آنها را تشخیص دهد. نمونه‌های دیگری نیز از اتومبیل *Simpson* و بعضی از محل‌های داخل منزلش از قبیل زیردوشی جمع‌آوری شده بود.

در اواخر *August*، در خلال رسیدگی به مدارک و قبل از این که محاکمه واقعی شروع شود کسانی که روی پرونده کار می‌کردند اعلام نمودند که آزمایشهای آنها بین *DNA* سیمسون *(Simpson)* و *DNA* بعضی از نمونه‌های جمع‌آوری شده از صحنه جنایت شامل: روی سنگفرش بیرون منزل نیکول سیمسون، یک دستکش خونی و یک گیرهٔ مو که در یک کلاه پیدا شده بود تشابهایی را نشان داده است.

در این جا وکلای مدافع فوراً به روش‌های جمع‌آوری نمونه‌ها، علامت‌گذاری آنها، *(Labeling)* و انجام آزمایشها بر روی مدارک اعتراض کرده و تقاضا کردند که قسمتی از نمونه‌ها در اختیارشان گذاشته شود تا کارشناسان تیم دفاعیه بتوانند شخصاً آنها را بررسی و آزمایش نمایند.

در مورد پروندهٔ *Simpson* اعضای تیم تجسس ادعا کردند که جمع‌آوری نمونه‌ها از محل حادثه، قبل از این که نمونه‌ها تخریب گشته و از بین بروند انجام گردیده و نمونه‌های گردآوری هم به خوبی نگهداری شده‌اند. *Mark Stolorow* مدیر آزمایشگاه *Cellmark* سرویس جنائی می‌گوید:

«البته گاهی اوقات پلیس شانس نمی‌آورد ولی ما مواردی داشته‌ایم که تمام آنچه در صحنهٔ جنایت پیدا شده تحویل آزمایشگاه ما داده شده تا ما بتوانیم نمونه‌هایی را از آنها بدست آورده و روی آنها کار کنیم. از آن جمله می‌توان از لباس‌ها، تکه‌هایی از سنگفرش پیاده‌رو و خیلی چیزهای دیگر نام برد.» او اضافه می‌کند:

«اغلب اوقات نمونه‌های خون با یک مایع بی‌رنگ‌کننده پاک شده‌اند و به این وسیله نگهداری گ دیده‌اند.»

از ۲۶ آگوست، قاضی دادگاه عالی ایالت لوس‌آنجلس تقاضای وکیل مدافع را مبنی بر دادن قسمتی از نمونه‌ها به آنها رد کرد و علت آن را چنین عنوان کرد که اگرچه پیگیری دادستانی در نحوهٔ کار با نمونه‌ها در حد قابل ستایش نبوده‌است ولی وکلای *Simpson* نیز نتوانسته‌اند وجود مدرکی را دال بر نام‌گذاری اشتباهی نمونه‌ها برای دادگاه اثبات کنند.

Walter Krustjla مدافع مردمی که علاوه بر وکالت، یک داروساز نیز می‌باشد، می‌گوید: «تست‌های *DNA* می‌تواند شخصی را که مورد اتهام قرار گرفته کاملاً تبرئه کند.» اگر قطرات خون ریخته شده بر پیاده‌رو شبیه خون سیمسون نباشد باز مسائل دیگری مطرح خواهد شد. اگرچه علم ثابت کند که خون ریخته شده در پیاده‌رو متعلق به سیمسون نیست اما این امر الزاماً به آن معنی نیست که او در هنگام وقوع قتل در محل نبوده است.

اما اگر نمونه‌های یافت شده در پیاده‌رو و دستکش‌ها به این شخص اشاره کند، همهٔ کسانی که به نوعی در جریان پرونده هستند به تکاپو برمی‌خیزند که ببینند تست‌ها چگونه تفسیر شده‌اند. همچنین اگر نمونه‌های برداشت شده از اتومبیل سیمسون با هر یک از دو قربانی شباهت داشته باشد، باز سئوالات زیادی مطرح خواهد شد. در واقع تفسیر نتایج حاصل از آزمایشات *PCR* و *RFLP* است که بحث‌ها و جنجالهای تازه را برمی‌انگیزد، نه خود آزمایش.

بررسی نتایج انگشت‌نگاری *DNA* بر این اساس استوار است که قطعاتی از ماده ژنتیکی به طور تصادفی در میان مردم وجود دارد که احتمال شبیه بودن آنها در دو نفر بسیار کم است. حالا اگر این قطعات حداقل در ۵ منطقه از ژنوم هر فرد بررسی شوند، احتمال این که دو نفر در تمام مناطق مورد نظر شبیه هم باشند بسیار بسیار پائین است. احتمال این که دو نفر از نظر *RFLP* یکسان باشند یک در ده هزار تا یک در صد هزار و حتی یک میلیون نفر است. ولی به دلیل وجود نکات تکنیکی بسیار ظریف و زیادی که باید در این آزمایشگاه در نظر گرفته شود بحث‌های داغی بین متخصصان و وکلا درگرفته است. از طرفی آنالیز *PCR* به ردیف ژنها توجه دارد که همین

امر موجب می‌شود تا از اختصاصی بودن کمتری نسبت به *RFLP* برخوردار باشند. بدین معنی که یکسان بودن دو نفر در آنالیز *PCR* یک درصد تا یک در دوهزار می‌باشد. با توجه به این آمار، وکلا با موفقیت استدلال می‌کنند که شانس تشابه یک نفر در صد نفر برای اثبات محکومیت یک شخص کافی نیست و حتی اگر تشابه یک فرد در دوهزار نفر نیز در نظر گرفته شود، باز هم برای هیئت منصفه جای شک و تردید باقی می‌ماند، زیرا با در نظر گرفتن آنچه شرح داده شد، ممکن است در شهری با دو میلیون جمعیت هزاران فرد دیگر وجود داشته باشند که آنالیز *PCR* آنها شبیه متهم باشد. این استدلال، استفاده از *PCR* را در موارد جنائی زیر سؤال برده است مگر در مواردی که از آن برای تبرئه یک متهم، یا به عنوان راهنمائی در جهت مشخص کردن نیاز به انجام تست قطعی‌تر *RFLP* استفاده شود.

یکی از فاکتورهای سؤال‌برانگیز در تجزیه *DNA*، مسئله تشابهات فراوانی است که می‌تواند در گروههای هم‌نژاد مثل سیاهان، آسیائی‌ها، یا آمریکائی‌های بومی در منطقه وجود داشته باشد.

Victor A. Mckusick می‌گوید: «سؤال بزرگی که مطرح می‌شود، این است که چه جمعیتی به عنوان جمعیت مرجع برای محاسبهٔ فراوانی‌های ژنتیک در نظر گرفته شود؟». این سؤال بخصوص در ایالات متحده که از نظر جمعیتی بسیار هتروژن بوده و نژادهای مختلفی را در خود جای داده است، مصداق پیدا می‌کند.

Mc Kusick رئیس بخش ژنتیک دانشکدهٔ پزشکی دانشگاه *Johns Hopkins* گزارش سال ۱۹۹۲ کمیتهٔ ملی تحقیقات *DNA* را ارائه می‌دهد که در آن برای تعیین مبنا جهت ارزیابی نتایج توصیه‌هائی به آزمایشگاهها ارائه شده است.

این مبنا براساس اطلاعات حاصل از مطالعات ژنتیکی بر روی صد نفر از مردم هر نژاد یا هر منطقه به دست می‌آید. شباهت یا عدم شباهت حدود پنج درصد در بین افراد یک جمعیت می‌تواند استانداردی جهت مقایسه برای مردم آن منطقه باشد. با مقایسه نمونه‌های مجهول با استانداردهای تعیین شده، تمام اشتباهات و انحرافاتی که ممکن است در اثر در نظر نگرفتن نژاد یا منطقه پیش بیاید، از میان برداشته خواهد شد. البته *Mc Kusick* می‌گوید: این سؤالی است که هنوز در جلسات مباحثه متخصصان ژنتیک جمعیت مطرح است و گزارش آنها در بهار ۱۹۹۵ منتشر خواهد شد.

در حالی که دادگاه ایالتی کالیفرنیا استفاده از انگشت‌نگاری *DNA* را (البته در صورت رعایت موازین توصیه شده بوسیلهٔ *NRC*) مجاز دانسته است، ولی هنوز هم وکلای مدافع *Simpson* بدون این که هیچ بحثی روی جزئیات آن بنمایند، از پذیرش آن امتناع می‌ورزند.

سایر توصیه‌های *(NRC)* در این مورد شامل نکات زیر می‌باشد که هنوز دربارهٔ آنها بحث ادامه دارد:

۱ ـ لزوم وجود استاندارد برای کار روی هر بخش از *DAN* و این که چطور باید آزمایشهای مربوطه را انجام داد.

۲ ـ لزوم وجود یک کمیتهٔ تخصصی *DNA* جهت مطالعات گذشته‌نگر و بررسی و تصویب تستهای جدید.

۳ ـ امکان این که بعضی از مؤسسات ملی بتوانند آزمایشهایی را برای کار با *DNA* تصویب و تاسیس کنند.

FBI نیز در این میان یک مانع است. *FBI* با استاندارد شدن تستها موافق است، ولی نمی‌تواند نظر آزمایشگاههای غیرنظامی را در مورد حدودی که به نظر آنها استاندارد می‌باشد، بپذیرد. از طرفی نمی‌خواهد به عنوان یک ناظم یا تعدیل کننده مطرح باشد ولی همزمان ادعا می‌کند که هیچ نمایندگی در خارج از *FBI* دارای شرایط لازم برای ارزشیابی آزمایشگاههای *FBI* نیست. خلاصه به دلیل موقعیت *FBI* بود که لایحهٔ قانونی مربوط به *DNA* که در سال ۱۹۹۱ تسلیم کنگره گردید، پذیرفته نشد.

به هر حال از آنجائی که ظاهراً هیچ مدرک مستقیمی دال بر اینکه *Simpson* در آن دو قتل دست داشته وجود ندارد، نتیجهٔ چنین دادرسی پرجنجالی ناچاراً بستگی به انجام آزمایش بر روی *DNA* دارد. پس اگر هیچیک از تستها نتوانند شباهتی بین نمونه‌های *Simpson* و خونی که در صحنهٔ جنایت پیدا شده، و یا بین خون قربانیان و آنکه در اتومبیل *Simpson* یافت شده، نشان بدهند، وکلای مدافع بیگناهی موکلشان را به طور اتوماتیک اثبات خواهند کرد.

اما اگر شباهتی مشاهده گردد، وکلای مدافع به نتایج *DNA* به بهانهٔ جمع‌آوری غیرصحیح نمونه‌ها، نحوهٔ نگهداری از آنها، و آزمایشهای انجام شده روی نمونه‌ها حمله و اعتراض خواهند کرد.

حرف نهایی این است که:

«انگشت‌نگاری *DNA* هنوز در بوتهٔ آزمایش است و باید راه زیادی را بپیماید تا روزی برسد که بتوان بطور کامل به نتایج حاصل از آن تکیه کرده و با اطمینان جنایت یک گناهکار واقعی را اثبات کرد.»

تعریف *DNA*:

تقریباً در هستهٔ تمام سلولهای انسانی، نواری از مولکول عظیم‌الجثهٔ دزاکسی ریبونوکلیئک اسید *DNA* گسترده شده است. این نوار که فقط چند میکرون پهنا دارد، اگر از حالت مارپیچ باز شود، طول آن به ۶ فوت نیز می‌رسد و از دو رشتهٔ بهم جفت شده که به صورت مارپیچی به دور خود پیچیده شده و به نام *Double Helix* معروف گردیده تشکیل شده است. هر یک از این رشته‌های طویل حاوی سه بیلیون واحد شیمیایی تکرار شونده می‌باشد که به نام نوکلئوتید نامیده می‌شود و هر نوکلئوتید در بردارندهٔ یکی از چهار نوع باز آلی آدنین *(A)*، سیتوزین *(C)*، گوانین *(G)*، یاتیمین *(T)* می‌باشد.

این دو رشته مانند پله‌های یک نردبان بوسیلهٔ بازهایی که مکمل یکدیگرند بهم متصل شده‌اند. اما به دلیل شکل ساختمانی هر باز، گوانین فقط می‌تواند به سیتوزین متصل شود و آدنین نیز فقط به تیمین اتصال می‌یابد، بنابراین دو رشتهٔ *DNA* مکمل یکدیگر هستند. ژنها که فقط ۲٪ از کل *DNA* انسانی را تشکیل می‌دهند در

مناطق مختلف ژنوم پراکنده‌اند و این ژنها هستند که تولید پروتئین‌ها را که تمامی زندگی انسان به آن بستگی دارد باعث می‌شوند. انسان دارای تقریباً ۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ ژن است که هر کدام آنها بین ۱۰۰۰ تا دو میلیون نوکلئوتید دارد. عدد خیالی توالی‌های ممکن این ۴ باز، راز توانائی بسیار وسیع انتقال اطلاعات ژنتیکی بوسیلهٔ این سیستم می‌باشد. بقیهٔ ژنوم انسانی یعنی در حدود ۹۸ درصد آن *DNA* بُنجُل *(Junk)* و فاقد رمز خاص است که هدف تکاملی آن تاکنون ناشناخته باقی مانده است.

آنالیز *PCR*:

در کارهای جنائی تست *PCR* برای بررسی ۶ ویژگی ارثی مختلف که هر کدام بوسیلهٔ ژنی خاص کنترل می‌شوند بکار گرفته شده است. هر ژن حداقل دو فرم مختلف دارد که به نام الل نامیده می‌شوند. مثلاً ممکن است یک الل برای موی صاف و دیگری برای موی مجعد باشد و هر فرد یک الل از مادر و یک الل از پدر دریافت می‌کند. پس اگر الل‌های پدری و مادری یکی باشند این فرد در مورد این ویژگی خاص هموزیگوت، و اگر دو الل متفاوت باشند هتروزیگوت نامیده می‌شود. به این ترتیب برای ۶ ژن مختلف فقط ۲۱ ترکیب مختلف از الل‌ها ممکن می‌شود که ۶ تا هموزیگوت و ۱۵ عدد هتروزیگوت خواهند بود.

آنالیز *PCR* به بررسی جفت‌های این ۲۱ ترکیب می‌پردازد و مشخص می‌کند که یک فرد رابطه با یک صفت مورد بررسی (مثلاً بتاتالاسمی) هموزیگوت است یا هتروزیگوت و این که آیا هموزیگوت سالم است یا معیوب.

آنالیز *RFLP*:

انجام تست *RFLP* در صورتی که *DNA* خالص به اندازهٔ کافی موجود باشد حدود ۱۰ هفته وقت می‌گیرد. ابتدا بوسیلهٔ یک آنزیم برش‌دهنده *(Restriction Enzyme)* قطعات *DNA* از روی توالی بازهای آلی بریده می‌شوند. آنزیم‌های برش دهنده آنزیم‌هایی هستند که فقط اتصالات خاص از رمزهای *ATCG* را تشخیص می‌دهند و هر آنزیمی که اتصال مخصوص خودش را پیداکند به آن متصل شده و رشتهٔ *DNA* را در این محل قطع می‌کند. مثلاً اگر آنزیم فقط بتواند اتصال *CCGG* را تشخیص بدهد بنابراین همیشه اتصال بین *C* و *G* را قطع می‌کند.

حال قطعات حاصل از این برش‌ها بر روی ژلی که از جلبک دریایی بدست آمده (ژن آگارز) لکه‌گذاری می‌شوند. و سپس جریان الکتریسیته به آن متصل می‌گردد و این جریان باعث می‌شود هر کدام از این قطعات بر حسب طولشان با سرعتهای مختلف بر روی ژل حرکت کنند. قطعات کوچک سریع‌تر از قطعات طویل بر روی ژل حرکت می‌کنند. به این عمل الکتروفورز می‌گویند. پس از یک شب، این قطعات به صورت باندهایی در اندازه‌های مختلف انتشار یافته‌اند اما هنوز قابل رویت نیستند.

حالا وقتی که یک غشاء نایلونی را بر روی ژن قرار دهیم، *DNA* از سطح ژن به این صفحه جذب می‌شود سپس برای این که این باندها را قابل دیدن کنیم قطعاتی از *DNA* با توالی شناخته شده راکه به آنها ردیاب یا *Probe* می‌گوییم بوسیلهٔ فسفر رادیواکتیو *(P^{32})* نشاندار می‌کنیم. حالا وقتی که این ردیابهای نشاندار را به آن غشاء نایلونی اضافه کنیم هر ردیاب به قسمتی از *DNA* که مکمل آن است متصل می‌شود و در نتیجه رادیواکتیویته خود را به آن قطعه می‌دهد یعنی در واقع آن قطعه را نشاندار می‌کند. در نهالیت این غشاء نایلونی بر روی یک فیلم عکاسی استاندارد قرار داده می‌شود. در اینجا تشعشات فسفر رادیواکتیو فیلم عکاسی را متأثر کرده و در نتیجه در هر منطقه از *DNA* که یک ردیاب متصل شده باشد باعث ایجاد یک لکهٔ سیاهرنگ روی فیلم عکاسی خواهد شد و در نهایت یک تصویر معین از قطعات *DNA* بدست خواهیم آورد.

اما این روش وقت‌گیر است، و P^{32} به قدری ضعیف است که استفاده از آن مثل این است که شما دو هفته روی صندلی دندانپزشکی بنشینید تا بتوانید یک عکس از دندان خود بگیرید. از طرفی چون هر ۵ لکوس باید به طور متوالی تحت تأثیر P^{32} قرار بگیرند، بنابراین برای هر آزمایش ۱۰ هفته وقت لازم است.

فیلم‌ها پس از ظهور بایستی توسط یک شخص ورزیده و حداقل یک کارشناس دوم بررسی و ارزیابی شوند. به علاوه می‌توان برای بررسی دقیق و مقایسهٔ نمونهٔ بدست آمده با نمونه‌های شناخته شدهٔ *DNA* نوارهای حاصل را بوسیلهٔ کامپیوتر *Scan* کرد.

اگر باندهای حاصل از نمونهٔ *DNA* ناشناخته را با باندهای حاصل از *RFLP* نمونه‌های شناخته شده مقایسه کنیم می‌توان تفاوت بین آندورا اگر وجود داشته باشد مشخص ساخته و معلوم کرد که این دو نمونه مربوط به دو فرد مجزا می‌باشد. ولی اگر باندهای حاصل کاملاً بهم شبیه باشند، در مورد این که آیا به طور مطمئن می‌توان گفت که هر دو نمونه متعلق به یک نفر است یا نه هنوز بحث و اختلاف نظر وجود دارد.

بزرگترین موفقیتهای *DNA*:

۱ ـ تعیین هویت افراد از روی بزاق (به دلیل وجود سلولهای اپی‌تلیال دهان در بزاق که غنی از *DNA* هستند.)

۲ ـ بررسی مهاجرت‌ها و تعیین قرابت و قوم و خویشی افراد.

۳ ـ انجام تستهای بررسی ابوت.

۴ ـ آزادکردن زندانیانی که به اشتباه به اتهام قتل دستگیر شده‌اند.

۵ ـ مطالعه بر روی اجساد مومیائی شدهٔ ۱۰۰۰ سال پیش یکی از ایالات هندوستان و یافتن مایکوباکتریوم تویرکلوزیس و در نتیجه تبرئهٔ کریستف کلمب از این که متهم بود کشتی‌های او این بیماری را به سرزمین جدید آورده‌اند.

۶ ـ بررسی *DNA* در گونه‌های در حال انقراض حیوانات و سعی دریافتن راههایی جهت تقویت نسل آنها.